

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

Provozní a ekonomické hodnocení MHD v Opavě

Operational and Economic Evaluation of Public
Transport in Opava City

Student:

Tomáš Grusman

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Ivana Olivková Ph.D.

Ostrava 2013

Zadání bakalářské práce

Student:

Tomáš Grusman

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2301R003 Dopravní technika a technologie

Téma:

Provozní a ekonomické hodnocení MHD v Opavě
Operational and Economic Evaluation of Public Transport in Opava City

Zásady pro vypracování:

Cíl: Na základě rozboru současného stavu MHD v Opavě provést její provozní a ekonomické hodnocení a navrhnout zlepšení MHD v Opavě

Osnova:

1. Úvod
2. Rozbor současného stavu MHD v Opavě
3. Metody provozního a ekonomického hodnocení MHD
4. Provozní a ekonomické hodnocení MHD
5. Návrhy na zlepšení MHD v Opavě
6. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Drdla, P. Technologie a řízení dopravy - městská hromadná doprava. Pardubice. 2005. ISBN 80-7194-804-7.
2. Surovec, P. Provoz a ekonomika silniční dopravy I., Ostrava: VŠB-TU Ostrava. 2000. ISBN – 80-7078-735-X
3. Interní materiály dopravní firmy

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Ivana Olivková, Ph.D.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012

doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Tomáš Grusman

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Mezi Brahy 18, 74706 Opava 6

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

GRUSMAN, T. Provozní a ekonomické hodnocení MHD v Opavě: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2012, vedoucí práce: Olivková I.

V bakalářské práci je zpracována analýza provozování městské hromadné dopravy v Opavě. Nejprve byl proveden popis města Opavy a charakteristiku MDPO a. s. Dále byly popsány metody provozního a ekonomického hodnocení. Následuje přehled provozních charakteristik, výkonových a ekonomických ukazatelů v období od roku 2009 až 2011. Nakonec jsou uvedeny návrhy na zlepšení přepravy v MHD Opava.

ANOTATION OF BACHELOR THESIS

GRUSMAN, T. Operational and Economic Evaluation of Public Transport in Opava City: Bachelor Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport, 2012, Thesis head: Olivková I.

The thesis is elaborated analysis of the operation of urban public transport in Opava. Firstly, a description of Opava and characteristics of MDPO a.s. Furthermore, the methods of operating and economic evaluation were described. Followed by operating characteristics, performance and economic indicators in the period from 2009 to 2011. Finally a proposal for transportation improvements in MDPO a.s. was made.

Obsah

Obsah	6
Seznam použitých zkratk	7
1. Úvod.....	8
Tramvajová doprava	8
Trolejbusová doprava	9
Autobusová doprava	10
2. Rozbor současného stavu MHD v Opavě	11
Popis dopravního podniku	11
Základní popis města Opavy.....	11
Technická základna MDPO	12
Tarif ODIS	14
Dopravní dostupnost města.....	15
3. Metody provozního a ekonomického hodnocení.....	16
Metody provozního hodnocení	16
Hodnocení výkonnosti dopravy	20
Metody ekonomického hodnocení.....	23
4. Provozní a ekonomické hodnocení	24
Provozní hodnocení	24
Hodnocení výkonnosti dopravy	25
Ekonomické hodnocení.....	30
5. Návrh na zlepšení MHD v Opavě.....	35
Dopravní obslužnost	35
Návrhy na zlepšení ekonomiky.....	38
Hodnocení návrhů na zlepšení.....	43
6. Závěr	44
Seznam použité literatury	45

Seznam použitých zkratek

MDPO a.s.	Městský dopravní podnik Opava akciová společnost
MHD	Městská hromadná doprava
ODIS	Ostravský dopravní integrovaný systém
tis.	tisíc
km	kilometr
vozk	vozový kilometr
místkm	místový kilometr
oskm	osobový kilometr
Kč	korun českých

1. Úvod

Tramvajová doprava

Historie tramvajové dopravy v Opavě začíná na přelomu 19. a 20. století. O výstavbě pouliční dráhy bylo rozhodnuto roku 1899. Dne 18. dubna 1903 uzavřelo město smlouvu s berlínskou společností AEG smlouvu o výstavbě elektrárny a malé pouliční dráhy a o rok později udělilo Ministerstvo železnic městu koncesi na výstavbu a provoz jedné trati o rozchodu 1000 mm se dvěma odbočkami a manipulační úsekem do vozovny. Výstavba dráhy trvala více než rok a to od května 1904 až do října 1905. Ještě před dokončením výstavby na jaře roku 1905, byl provoz na dráze pronajat chebské společnosti Elektrizitäts Gesellschaft G. m. b. H a to až do konce roku 1938. [4]

Provoz byl zahájen 4. prosince 1905 na dvou linkách. Hlavní trať byla vedena od dnešního Východního nádraží přes Horní náměstí, Náměstí Republiky až k Nemocnici. První z odbočných tratí byla vedena z Náměstí Republiky do Městských sadů přes ulice Krnovskou a Jaselskou. Druhá vedla z Horního náměstí směrem do Kateřinek ke kinu Odboj přes dolní náměstí. Do 21. prosince 1912 byly provozovány na této síti dvě tramvajové linky. Začátkem října 1912 totiž začala výstavba další trati z Horního náměstí přes ulice Ostrožnou a Otickou až k Městskému hřbitovu. Navíc byla prodloužena hlavní trať od nemocnice k Ústavu pro nervově choré. Od konce roku 1912 do roku 1948 se trať dále nerozšiřovala. V roce 1948 byla trať rozšířena o úsek na Krnovské ulici až do Jaktaře a v Kateřinkách od kina Odboj ke Švédské kapli. [5]

Toto rozšíření bylo ale poslední, co se týká historie tramvajové dopravy v Opavě. Roku 1950 bylo rozhodnuto o zrušení tramvajové dopravy a zavedení trolejbusové dopravy. Inspekce Ministerstva dopravy rozhodla roku 1950 o zrušení úseku od nemocnice k Ústavu pro nervově choré a dále doku 1951 úseku k Městskému hřbitovu. Obě tratě byly zrušeny z důvodu jejich katastrofálního stavu. 24. srpna 1952 byla zrušena tramvajová doprava do Městských sadů a také od Východního nádraží k nemocnici, která byla druhého dne nahrazena dopravou trolejbusovou. Koncem roku 1953 byla zrušena také trať do Jaktaře a poslední trať do Kateřinek byla zrušena 22. dubna 1956. [4]



Obr. 1 - První opavské tramvaje z vagónky Studénka

Trolejbusová doprava

V roce 1950 začaly stavební práce pro trolejbusový provoz, který byl zahájen 24. srpna 1952. První linka označená č. 1 vedla od Stadionu k Nemocnici, kde byla zakončena velkou smyčkou vedenou ulicemi Purkyňova, Englišova a Dostojevského. Úseky od nemocnice přes ulici Englišovou a také v centru města byly jednostopé. V témže roce byly započaty stavební práce na dalším úseku k novému podniku Ostroj. 1. května 1953 zde poprvé vyjely trolejbusy na trase Ostroj – Horní náměstí. Tato linka měla označení č. 3, protože č. 2 byla označena, v té době, poslední funkční tramvajová linka vedoucí do Kateřinek. Dále byla vybudována linka do Jaktaře, která navazovala na manipulační úsek do vozovny trolejbusů na ulici Krnovské. Zde byl provoz zahájen 25. prosince 1953. Roku 1956, kdy byla zrušena poslední tramvajová linka, započaly práce na výstavbu trolejbusové linky do Kateřinek. Konečná této linky byla posunuta až na okraj Kateřinek a provoz zde byl zahájen 5. února 1957. Tato linka nesla označení č. 2 a vedla v úseku Kateřinky – Horní náměstí, ale o tři měsíce později, po vybudování dvoustopé tratě na Olomoucké ulici kolem nemocnice, byla linka prodloužena až na konečnou zastávku Vítkovská. Tímto bylo dokončeno vybudování základní trolejbusové sítě. [6]

V roce 1965 bylo trolejové vedení v centru města zjednodušeno na dvoustopé. Od 30. října 1970 byl dvoustopý provoz zahájen také v Purkyňově ulici a byl prodloužen k Městskému hřbitovu. V letech 1975 – 1976 byla po dobu rekonstrukce Olomoucké ulice zřízená nová provizorní smyčka blíže k centru u Západního nádraží. Dále byl zrušen jednosměrný provoz po Hrnčířské ulici a byl veden obousměrně ulicemi Praskova a v roce 1982 bylo přeloženo trolejové vedení z dolního náměstí směrem do Kateřinek na nově vybudovanou komunikaci. 1. října 1985 byl otevřen další úsek, prodloužený od Stadionu

po Bílovecké až na konečnou do Kylešovic v souvislosti s budováním nové vozovny v Kylešovicích. Stavba vozovny ale byla v roce 1994 zastavena. Až v roce 2002 byla otevřena a stará vozovna na ulici Krnovské byla zrušena. Jedno z posledních rozšíření trolejbusové sítě nastalo v roce 2000, kdy byla zrušena konečná zastávka Vítkovská a troleje byly svedeny k nově vybudovanému hypermarketu Hypernova. Poslední rozšíření bylo prodloužení z konečné Ostroj až k hypermarketu Globus. [5]



Obr. 2 - Trolejbus Škoda 7 Tr projíždí centrem města při zahájení provozu 24. srpna 1952

Autobusová doprava

Historie autobusové dopravy se datuje od roku 1941. Po 2. světové byla autobusová doprava obnovena až v roce 1948 na lince z Kylešovic do Kateřinek. Většina autobusových linek plnila funkci svážit obyvatele okolních obcí do centra Opavy. Dnes plní stejnou funkci, ale zajišťuje také několik spojů ve městě mimo trolejové vedení. První autobusy, které byly dodány městskému podniku po 2. světové válce byly autobusy Praga RND. [7]



Obr. 3 - Autobus Praga RND

2. Rozbor současného stavu MHD v Opavě

Popis dopravního podniku

Městský dopravní podnik Opava akciová společnost byl založen roku 1995, kde jediným akcionářem je statutární město Opava. V současnosti MDPO a. s. zajišťuje dopravní spojení na území statutárního města Opavy a dalších pěti přilehlých samostatných obcí – Chvalíkovice, Vršovic, Raduně, Slavkova a Otic. Převážně zajišťuje 11 trolejbusovými a 14 autobusovými linkami, které za jeden rok urazí přibližnou vzdálenost 3 100 000 km a přepraví přibližně 11 500 000 cestujících. Provoz podniku zajišťuje v této době 185 zaměstnanců. Celková délka linek je 356 km, z toho trolejbusových 87 km a autobusových 269 km. V dopravní síti je 125 zastávek. [3]

Vozový park MDPO a. s. je tvořen 34 trolejbusovými vozidly a 33 autobusovými vozidly, z nichž 43 vozidel je nízkopodlažních. Průměrné stáří vozidel je 8,3 roku. Na obnovu vozového parku bylo od roku 2000 investováno 330 000 000 korun, z toho více než 140 000 000 bylo pořízeno z fondů Evropské unie. V letním období roku 2012 je plánován nákup nových 4 autobusů. [3]

Jméno společnosti	Městský dopravní podnik Opava, a.s.
Sídlo společnosti	Bílovecká 1127/98, 747 06, Opava
IČO	64610250
DIČ	CZ 64610250
Základní kapitál	169 719 000,- Kč
Zakladatel	Statutární město Opava

Tab. 1 - Identifikační údaje společnosti [8]

Základní popis města Opavy

Město Opava leží na 49° 56' s. š., 17° 54' v. d. v Moravskoslezském kraji v Opavské pahorkatině na řece Opavě. Rozloha Opavy je přibližně 90 km². Opava je územně členěným statutárním městem, skládá se z částí spravovaných přímo opavským magistrátem (Opava-město, Opava-předměstí, Kateřinky, Kylešovice, Jaktař) a se samosprávných městských částí (Vlaštovičky, Milostovice, Vávrovce, Zlatníky, Malé Hoštice, Komárov, Suché Lazce, Podvihov). [9]

Stav obyvatelstva k datu:	31. 12 2007	31. 12 2008	31. 12 2009	31. 12 2010
Obyvatelstvo celkem	58 923	58 807	58 440	58 274
Obyvatelstvo ve věku 0 – 14 let	8247	8 152	8 134	8 205
Obyvatelstvo ve věku 15 – 65 let	42 094	41 893	41 432	41 083
Obyvatelstvo ve věku 65 let a více	8 582	8 762	8874	8 986
Přírůstek obyvatelstva přirozený	62	-23	-16	-76
Přírůstek obyvatelstva stěhováním	-295	-93	-351	-90
Přírůstek obyvatelstva celkový	-233	-116	-367	-166

Tab. 2 - rozdělení obyvatelstva města Opavy [9]

Část obce	Počet obyvatel
Město	3 875
Předměstí	23 415
Kateřinky	14 646
Kylešovice	7 752
Jaktař	2 383
Vávrovice	993
Vlaštovičky	373
Milostovice	282
Zlatníky	371
Malé Hoštice	1 803
Komárov	1 491
Suché Lazce	1 024
Podvihov	553

Tab. 3 - Počet obyvatel jednotlivých částí města [9]



Obr. 4 - Administrativní rozdělení města Opavy

Technická základna MDPO

Hlavní složkou každého dopravního podniku je technická základna. Dělí se na mobilní technickou základnu, kde patří dopravní prostředky a stabilní technickou základnu, kde se řadí dopravní stavby a dopravní zařízení.

Dopravní prostředky

Dopravní prostředky jsou pohyblivá technická zařízení, sloužící k přepravě osob nebo nákladu. V MHD patří zpravidla mezi dopravní prostředky autobusy, trolejbusy, tramvaje a vozidla metra a rychlodráhy. Dopravní podnik v Opavě provozuje v rámci MHD autobusy a trolejbusy.

Autobus je nezávislé silniční motorové vozidlo. Jako nezávislý dopravní prostředek, je možno použít autobusovou dopravu v případě poruch, mimořádných událostí nebo nehod jako náhradní dopravu.

Trolejbus je polozávislé dráhové elektrické vozidlo s trolejovým přívodem a odvodem trakčního proudu, omezené polohou trolejového vedení a délkou tyčových sběračů, určené k provozu na pozemních komunikacích.

Dopravní prostředek	Výhody	Nevýhody
Autobus	<ul style="list-style-type: none">- Volnost pohybu a nezávislost- Velká pružnost a přizpůsobivost- Malá investiční náročnost (využívají stávající komunikace)- Nejlepší využití dopravní plochy- Možnost rozložení přepravního proudu do různých tras	<ul style="list-style-type: none">- Negativní vliv na životní prostředí (exhalace, hluk, prašnost, vibrace)- Podléhá vlivům ostatní silniční dopravy- Ve srovnání s trakčním motorem má spalovací motor malou účinnost- Ztráty při běhu naprázdno (na zastávkách a křižovatkách)
Trolejbus	<ul style="list-style-type: none">- Ekologický provoz bez škodlivých exhalací- Dobré trakční vlastnosti- Nižší spotřeba trakčního motoru proti spalovacímu motoru- Téměř nulové ztráty při běhu naprázdno- Úspora energie při rozjezdu a brzdění	<ul style="list-style-type: none">- Malá volnost pohybu daná polozávislou trakcí- Vyšší investiční náklady proti autobusové dopravě- Závislost provozu na dodávce elektrické energie

Tab. 4 - Výhody a nevýhody dopravních prostředků provozujících MDPO

Dopravní stavby

Dopravní stavby zahrnují především dopravní cesty, ale mimo ně také vozová depa, garáže, dílny, stanice, zastávky, odstavné plochy a stavby pro energetická zařízení. Dopravní cesta je určena pro pohyb dopravních prostředků, chodců a zvířat nebo je určena k přemísťování nákladu.

Dopravní podnik v Opavě vzhledem k velikosti dopravní sítě a vozového parku zajišťuje provoz z jednoho místa, a to z garáží v Opavě – Kylešovicích, které jsou společné pro autobusy i trolejbusy. Tyto garáže byly uvedeny do provozu roku 2002. Do této doby měly trolejbusy i autobusy garáže oddělené.



Obr. 5 - Letecký snímek garáží MDPO v Opavě - Kylešovicích

Dopravní zařízení

Dopravní zařízení představují technické objekty a jiné prostředky, jenž zrychlují, zlehčují a z hospodárňují dopravu. Dále jsou to zařízení, která zlepšují bezpečnost, kvalitu a plynulost dopravy, jako sdělovací, trakční a zabezpečovací zařízení pro informování a odbavení cestujících.

Tarif ODIS

Celé území ODIS (Ostravský dopravní integrovaný systém) je rozděleno do několika tarifních zón. Tarifní zóny jsou označeny čísly a ke dni 28. 8. 2011 je jich v celém integrovaném systému 134. Zóna na území města Opavy má pouze jednu zónu, je

V rámci MDPO jsou platné tyto typy jízdních dokladů.

- ## Dopravní dostupnost města

15

3. Metody provozního a ekonomického hodnocení

Následující hodnotící metody a kritéria jsou popsány v literatuře [1].

Metody provozního hodnocení

Při provozním hodnocení posuzujeme kritéria, která jsou závislá pouze na provozu, bez ohledu na výkony dopravní či ekonomické.

Charakteristiky dopravní sítě

Pravidelná hromadná osobní doprava se provozuje na linkách mezi určenými místy a ve stanoveném čase. Soustava provozovaných linek vytváří dopravní síť, jež se dále člení na základní a překryvnou dopravní síť.

Dopravní síť je charakterizována těmito kritérii

1. **Provozní délka dopravní sítě** – délka dopravních cest, měřená podle os komunikací, po kterých jsou vedeny linky hromadné osobní dopravy.
2. **Provozní délka linky** – vzdálenost měřená podle os dopravní cesty, po které je vedena linka mezi výchozí a konečnou zastávkou.
3. **Hustota dopravní sítě** – počet kilometrů provozní délky dopravní sítě připadajících na 1 km² plochy obsluhované oblasti.

$$\delta_s = \frac{{}^{HOD}L}{S} [km \cdot km^{-2}] \quad (3.1)$$

kde:

δ_s ... hustota dopravní sítě hromadné osobní dopravy [km·km⁻²]

${}^{HOD}L$...provozní délka dopravní sítě hromadné osobní dopravy [km]

S ... plocha dopravní oblasti [km²]

4. **Průměrná přepravní vzdálenost mezi zastávkami** – aritmetický průměr vzdáleností mezi zastávkami na lince nebo v celé dopravní síti. V případě povrchové MHD v centrálních částech měst v České republice je tato vzdálenost 300 až 400 metrů. V předměstích a na okrajích měst je to 400 až 1000 metrů.

$$\overline{l}_{zast} = \frac{{}^{HOD}L}{n-1} [km] \quad (3.2)$$

$$\overline{l_{zast}} = \frac{l_z}{n_z + 1} [km] \quad (3.3)$$

kde:

$\overline{l_{zast}}$... průměrná vzdálenost mezi zastávkami [km]

^{HOD}L ... provozní délka dopravní sítě hromadné osobní dopravy [km]

l_z ... provozní délka linky [km]

kn ... počet zastávek včetně konečných [-]

n_z ... počet mezilehlých zastávek [-]

5. **Nepřímlost linky** – podíl provozní délky linky a nejkratší spojnice konečných zastávek vedených po dopravní síti. Za nejvýhodnější hodnotu ve vztahu k dopravní obsluze se považuje nepřímlost linek mezi hodnotami 1,2 až 1,3. U okružních linek se nepřímlost linek nevyhodnocuje.
6. **Linkový součinitel** – udává podíl součtu provozních délek všech pravidelných linek k provozní délce dopravní sítě. Vyjadřuje míru souběhu linek na celé dopravní síti nebo ve vymezené oblasti.

$$\tau = \frac{\sum_{j=1}^m l_{zj}}{^{HOD}L} [-] \quad (3.4)$$

kde:

τ ... linkový součinitel [-]

l_{zj} ... provozní délka j-té linky [km]

m ... počet provozovaných linek na dopravní síti hromadné osobní dopravy [-]

^{HOD}L ... provozní délka dopravní sítě hromadné osobní dopravy [km]

7. **Střední délka chůze k nejbližší zastávce MHD** – kritérium závislé na hustotě dopravní sítě MHD a průměrné vzdálenosti mezi zastávkami MHD. Uvedeným ukazatelem se hodnotí prostorová dostupnost systému městské hromadné dopravy.

$$\overline{l_{cest}} = \frac{1}{3 \cdot \delta_s} + \frac{\overline{l_{zast}}}{4} [km] \quad (3.5)$$

kde:

$\overline{l_{cest}}$... střední délka chůze cestujícího k nejbližší zastávce [km]

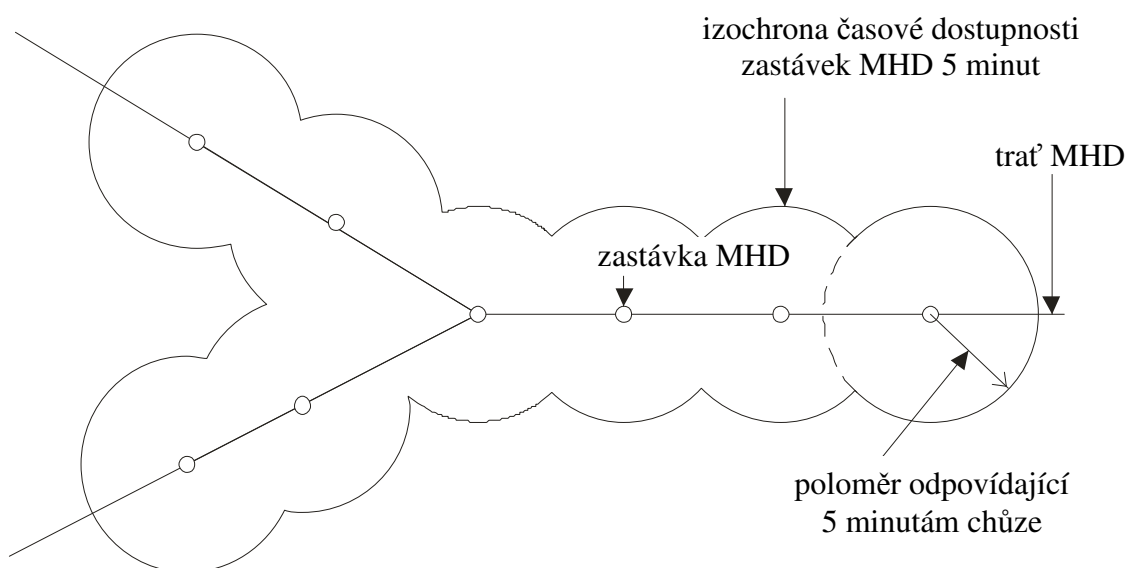
$\delta_s \dots$ hustota dopravní sítě hromadné osobní dopravy [$\text{km} \cdot \text{km}^{-2}$]

$\overline{l}_{zast} \dots$ průměrná vzdálenost mezi zastávkami [km]

Časová dostupnost

V hromadné dopravě je časová dostupnost zastávek MHD hodnocena jako dostupnost zastávek případně dostupnost centra města nebo jiné zkoumané oblasti. Doba přemístění je závislá na době chůze na nástupní zastávku, době čekání na spoj, době přepravy, době potřebné na přestup mezi spoji a době chůze z výstupní zastávky k cíli.

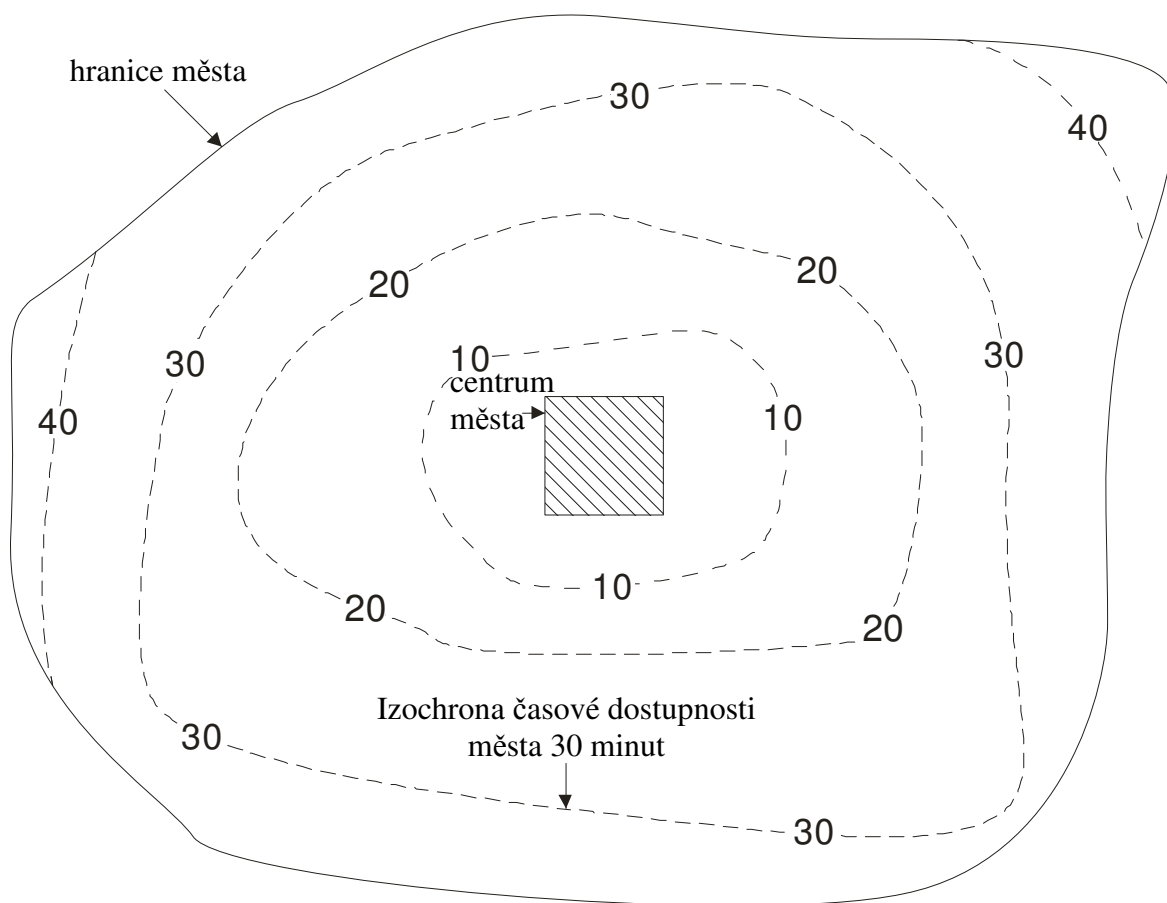
1. **Časová dostupnost zastávek MHD** – funkce průměrné vzdálenosti mezi zastávkami MHD a hustoty dopravní sítě MHD. Funkce odpovídá střední délce chůze cestujícího k nejbližší zastávce ve sledované oblasti a rychlosti chůze. Grafické vyhodnocení časové dostupnosti zastávek se tvoří pomocí izochron časové dostupnosti zastávek, což je křivka, ze které je stejná doba chůze k zastávce.



Obr. 7 - Znáznornění časové dostupnosti zastávek

2. **Časová dostupnost centra města** – charakteristika kvality dopravní obsluhy města městskou hromadnou dopravou. Grafické vyhodnocení časové dostupnosti centra města se tvoří pomocí izochron časové dostupnosti centra města, což je křivka, ze které je stejná doba přemístění do centra města. Časová dostupnost centra města může být vyjádřena dvěma způsoby:

- a) Doba přemístění – ke konstrukci izochron je potřeba vycházet z centra města a dále je potřeba najít body se stejnou dobou přemístění z centra města. Dobu chůze a dobu čekání na spoj je možno zjistit z údajů o dopravní síti a linkovém intervalu dopravy. Dobu přepravy a dobu přestupu je možno zjistit z jízdního řádu v příslušném zkoumaném směru.
- b) Součet doby přepravy a doby přestupu, zjištěné z jízdního řádu



Obr. 8 - Znáznornění časové dostupnosti centra města

Významný podíl má v obou případech ve vyjádření časové dostupnosti centra města vzdálenost mezi zastávkami. Při zvětšování vzdáleností mezi zastávkami, se také zvyšuje doba chůze na zastávku, při konstantní hustotě dopravní sítě, ale zároveň se zvyšuje cestovní rychlost, což má za následek kratší dobu přepravy. Hlavním kritériem pro optimální vzdálenost mezi zastávkami je minimální doba přemístění.

Doba přemístění cestujícího od zdroje k cíli se vypočítá podle vztahu:

$$t_p = t_1 + t_\varepsilon + t_{dp} + t_{pre} + t_2 [\text{min}] \quad (3.6)$$

kde:

t_p ... doba přemístění [min]

t_1 ... doba chůze od zdroje přemístění k zastávce hromadné osobní
dopravy [min]

t_ε ... doba čekání na spoj [min]

t_{dp} ... doba pobytu v dopravním prostředku [min]

t_{pre} ... doba přestupu (doba chůze a čekání na spoj při přestupu) [min]

t_2 ... doba chůze od zastávky k cíli přemístění [min]

Hodnocení výkonnosti dopravy

Provozovatel hromadné osobní dopravy pravidelně sleduje vývoj přepravních požadavků, přepravních a dopravních výkonů, na jejichž základě dává do souladu přepravní kapacitu s přepravní poptávkou na jednotlivých linkách. Za účelem hodnocení výkonů hromadné osobní dopravy z hlediska jejího provozu se zjišťují tyto ukazatele:

- dopravní výkon
- přepravní výkon
- počet přepravených osob

Dopravní výkon

Výkon dopravní činnosti, který je nutný k dosažení přepravního výkonu, což je výsledný produkt dopravy, kterým je přeprava osob na určitou vzdálenost v prostoru a čase. V hromadné silniční a městské dopravě se dopravním výkonem rozumí dopravní práce za danou časovou jednotku. Jako časovou jednotku používáme hodinu, směnu, den, měsíc, rok.

Využitá dopravní práce je každá jízda určená k přepravě cestujících podle jízdního řádu. Pokud nejsou během jízdy vozidla přepravovány osoby, jde o nevyužitou dopravní práci. Například přistavení vozidla na linku nebo jeho odstavení z linky.

Dopravní výkon hodnotíme v jednotkách:

- kilometr [km]
- vozový kilometr [vozkm]
- místový kilometr [místkm]

Dopravní práce udaná v kilometrech se použije na hodnocení výkonů jednoho vozidla nebo skupiny vozidel stejného druhu, typu a obsaditelnosti. Tato dopravní práce se skládá z využití a nevyužití části celkové jízdy. Vypočítá se ze vztahu:

$${}^1L = {}^1L_Z + {}^1L_0 = n_s \cdot l_Z + \sum_{i=1}^m l_{0_i} [km] \quad (3.7)$$

kde:

1L ... dopravní práce jednoho vozidla za danou dobu provozu [km]

1L_Z ... vzdálenost ujetá jedním vozidlem na pravidelné lince podle jízdního řádu [km]

1L_0 ... vzdálenost ujetá jedním vozidlem bez cestujících (přistavení a odstavení vozidla) [km]

n_s ... počet spojů jednoho vozidla za dobu provozu na lince [-]

l_Z ... provozní délka linky [km]

l_{0_i} ... vzdálenost i-té přístavné, resp. odstavné jízdy jednoho vozidla [km]

m ... počet přístavných a odstavných jízd [-]

Dopravní práce ve vozových kilometrech se používá k hodnocení výkonů souprav vozidel nebo skupiny vozidel stejného druhu, typu a obsaditelnosti. Používá se například při plánování pravidelné údržby vozidel nebo hodnocení ekonomiky dopravy. Vypočítá se ze vztahu:

$${}^1L_{vkm} = N \cdot {}^1L [vozkm] \quad (3.8)$$

kde:

${}^1L_{vkm}$...dopravní práce (celkové vozové kilometry) jedné soupravy nebo skupiny vozidel [vozkm]

N ... počet vozidel [-]

1L ... dopravní práce (celková ujetá vzdálenost) [km]

Dopravní práce v místových kilometrech se používá pro vozidla a skupiny vozidel různých druhů, typů a obsaditelnosti. Uplatní se také pro potřeby hodnocení přepravní kapacity a ekonomiky dopravy. Teoreticky se dopravní práce rovná maximálně dosažitelné přepravní práci při určité obsaditelnosti vozidla během jízdy a vypočítá se ze vztahu:

$$L_{mkm} = \sum_{j=1}^m K_j \cdot l_j [\text{místkm}] \quad (3.9)$$

kde:

L_{mkm} ... celková dopravní práce vozidel [místkm]

K_j ... obsaditelnost j-tého vozidla [místo]

l_j ... vzdálenost ujetá j-tým vozidlem [km]

Jeden místový kilometr dopravní práce představuje nabídku jednoho místa obsaditelnosti dopravního prostředku na vzdálenost 1 kilometru jízdy vozidla. Protože část ujeté vzdálenosti není využita k přepravě osob, je možné dopravní práci představující konkrétní přepravní nabídku na daném spoji linky vyjádřit ze vztahů:

$${}^{mkm}l_Z = K_i \cdot l_{z_i} [\text{místkm}] \quad (3.10)$$

$${}^{mkm}l_Z = n_v \cdot K_i \cdot l_{z_i} [\text{místkm}] \quad (3.11)$$

$${}^{mkm}L_Z = \sum_{i=1}^m K_i \cdot l_{z_i} [\text{místkm}] \quad (3.12)$$

kde:

${}^{mkm}l_Z$... dopravní práce jednoho vozidla na jednom spoji linky [místkm]

K_i ... kapacita i-tého vozidla [místo]

l_{z_i} ... provozní délka linky, na které jedno vozidlo provedlo i-tý spoj [km]

n_v ... počet vozidel o kapacitě K_i v soupravě [-]

${}^{mkm}L_Z$... celková dopravní práce vozidel, provozujících na lince [místkm]

m ... celkový počet spojů [-]

Přepavní kapacita

Přepavní kapacita v hromadné osobní dopravě je schopnost dopravních prostředků přepravit za jednotku času určité množství osob v jednom přepavním směru.

$$O_i = \frac{K \cdot \gamma \cdot 60}{i} [\text{místo} / \text{h}] \quad (3.13)$$

kde:

K ... kapacita vozidla daná normální obsaditelností vozidla [místo]

γ ... součinitel využití obsaditelností vozidla [-]

i ... linkový interval dopravy [min]

$$\gamma = \frac{P_{sk}}{P_{max}} \cdot 100 [\%] \quad (3.14)$$

kde:

γ ... součinitel využití obsaditelností vozidla [-]

P_{sk} ... skutečná dosažená přepavní práce [oskm]

P_{max} ... maximální možná přepavní práce [oskm]

Metody ekonomického hodnocení

Provoz a rozvoj dopravního podniku je závislý na finančních možnostech akcionáře, čili na Statutárním městě Opava. Tyto finanční možnosti se projevují především výší provozní a investiční dotace a také zisky dopravního podniku z podnikatelské aktivity. Dopravní podnik čerpá finance tedy především z dotací města, obcí a kraje a dále vlastními zdroji, což jsou převážně tržby z MHD, tržby za výrobu a služby a ostatní výnosy. Mezi podnikatelské činnosti MDPO a. s. patří například poskytování reklamních služeb vně i uvnitř vozidla a zapůjčení vysoko zdvižné plošiny.

4. Provozní a ekonomické hodnocení

Provozní hodnocení

Dostupnost zastávek

Časová dostupnost je zhodnocena izochronami časové dostupnosti v příloze B. Izochrony jsou tvořeny kružnicemi, jejichž poloměr je roven zvolené době dostupnosti zastávek chůzí. V případě MHD se většinou volí časová dostupnost 5 minut, což při rychlosti chůze 5 kilometrů za hodinu odpovídá vzdálenosti přibližně 415 metrů.

Pokrytí města Opavy pomocí izochron časové dostupnosti zastávek se jeví jako vyhovující. Izochrony pokrývají téměř souvisle celé obydlené území města Opavy a přilehlých částí. Zastávky jsou tak téměř vždy dosažitelné do 5 minut. Větší čas k dosažení zastávek je pouze v některých obydlených oblastech města a v přilehlých obcích, vzhledem k nízké hustotě osídlení.

Pokrytí celé oblasti zastávkami si lze představit také prostřednictvím vzorce pro průměrnou vzdálenost mezi zastávkami. Při použití tohoto vzorce při hodnotách provozní délky dopravní sítě (97,7 km) a celkového počtu zastávek (128 zastávek) vychází průměrná vzdálenost mezi zastávkami 767 metrů. Tato hodnota je ale ovlivněna provozem linek tak, že linky jsou provozovány mezi přilehlými obcemi, čímž je výrazně prodloužena délka dopravní sítě, tím i zvýšena průměrná vzdálenost mezi zastávkami. V nejvíce osídlených částech města je průměrná vzdálenost mezi zastávkami výrazně nižší, přibližně 375 metrů.

Dostupnost centra města

Časová dostupnost centra města vyjadřuje kvalitu dopravní obsluhy města, která je graficky zhodnocena pomocí izochron časové dostupnosti centra města v příloze C. Časová dostupnost je vyjádřena jako součet doby přepravy a doby případného přestupu. Vzhledem k tomu, že dopravní cesty většiny linek MDPO jsou vedeny přímo do centra města, nebo alespoň do jeho blízkosti, není proto přestup většinou nutný. Výchozí údaje pro izochrony časové dostupnosti jsou vztaženy k době přepravní špičky během pracovních dnů. V této době je vypravováno nejvíce spojů s nejkratšími intervaly.

Významné provozní kritérium je také linkový součinitel τ . Tento součinitel hodnotí míru souběhu linek. Výchozí údaje pro výpočet a výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce.

	Provozní délka sítě L [km]	Součet provozních délek l_x [km]	Linkový součinitel τ [-]
Trolejbusy	20	59,5	2,98
Autobusy	77,4	136	1,76
Celkem	97,4	195,5	2,01

Tab. 5 - Linkové součinitele pro jednotlivé typy dopravních prostředků MDPO

Z tabulky 5 vyplývá, že linky provozované MDPO a. s. se vyznačují relativně dobrým souběhem. Součinitel u trolejbusových linek je docela výrazně vyšší, než součinitel linek u linek autobusových. Souběh linek umožňuje relativně rychlou dostupnost města v průběhu dopravní špičky. Souběh trolejbusových linek je vysoký díky vysokému počtu linek na relativně krátké provozní délce dopravní sítě závislé trakce. Naopak u autobusů je nižší součinitel daný provozem autobusových linek, jejichž souběh nacházíme většinou jen v oblasti města, protože autobusová doprava je provozována především mezi městem a přilehlými obcemi.

Výhodou autobusové dopravy je, že cestující z přilehlých obcí cestující do centra města nemusí využívat přestupu, protože většina autobusových linek projíždí centrem, nebo alespoň jeho blízkostí.

Hodnocení výkonnosti dopravy

V tabulce 6 jsou uvedeny dopravní výkony ve vozových kilometrech a jejich podíl, připadající na jednotlivé druhy dopravy provozovaných MDPO. V tabulce 7 je uveden počet přepravených osob jednotlivými druhy dopravy vozidly MDPO.

Druh vozidla	jednotka	2009	2010	2011
Trolejbusy	1000 vozkm	1 422	1 420	1 379
Autobusy	1000 vozkm	1 650	1 654	1 636
Celkem	1000 vozkm	3 072	3 074	3 029
Trolejbusy	%	46,29	46,19	45,76
Autobusy	%	53,71	53,81	54,24
Celkem	%	100,00	100,00	100,00

Tab. 6 - Dopravní výkon dopravních prostředků MDPO

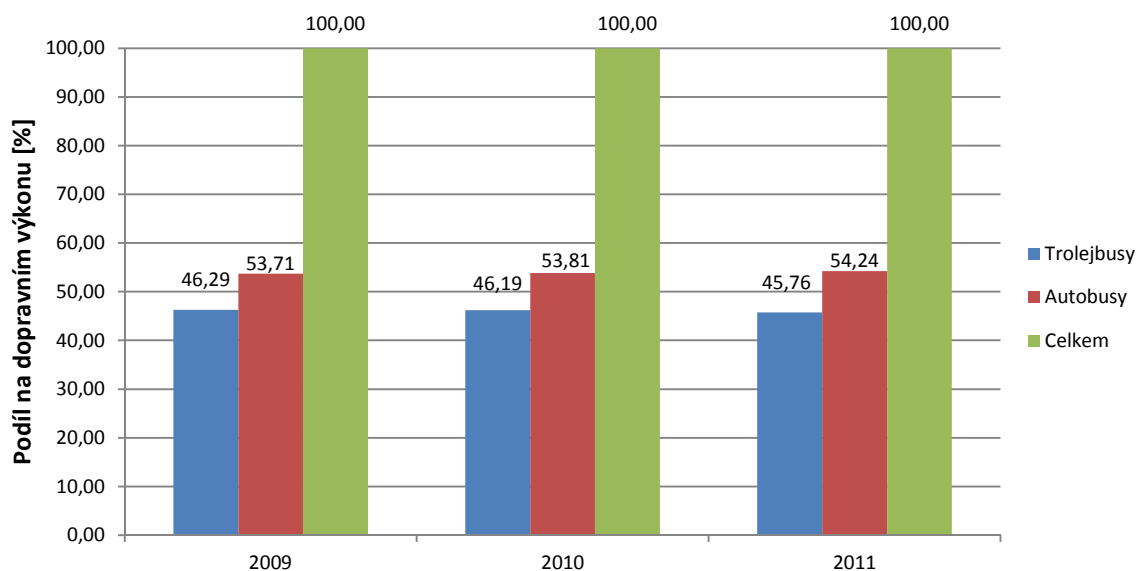
Druh vozidla	jednotka	2009	2010	2011
Trolejbusy	1000 osob	7 191	7 295	6 970
Autobusy	1000 osob	4 761	4 545	4 316
Celkem	1000 osob	11 952	11 840	11 286
Trolejbusy	%	60,17	61,61	61,76
Autobusy	%	39,83	38,39	38,24
Celkem	%	100,00	100,00	100,00

Tab. 7 - Počet přepravených osob dopravními prostředky MDPO

Podíl přepravní práce jednotlivými dopravními prostředky týkající se vozových kilometrů a přepravených osob se za poslední roky liší pouze minimálně. Podle uvedených tabulek 6 a 7 připadlo v průměru 5,06 osob přepravených trolejbusy na jeden ujetý vozový kilometr a v průměru 2,89 osob přepravených autobusy na jeden ujetý vozový kilometr.

Z pohledu celkových ujetých vozových kilometrů v tabulce 6 je zřejmé, že autobusy mírně převyšují trolejbusy ujetou vzdáleností, protože jejich linky jsou často vedeny do okolních obcí. Ale v počtu přepravených osob mají výraznou převahu trolejbusy, což je způsobeno tím, že trolejbusové linky jsou vedeny přes hustěji a více osídlené oblasti, než autobusové linky.

Srovnání ujetých vozových kilometrů jednotlivých dopravních prostředků MDPO je znázorněno v následujících grafech (obrázky 9 a 10).



Obr. 9 - Srovnání podílu dopravních výkonů mezi trolejbusy a autobusy MDPO



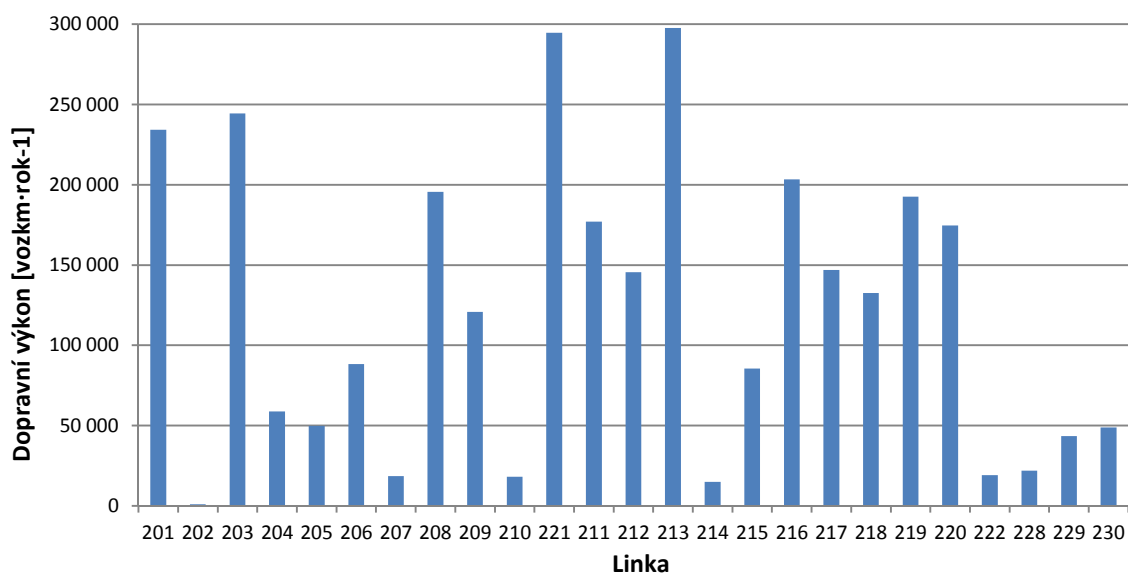
Obr. 10 - Srovnání podílu přepravených osob mezi trolejbusy a autobusy MDPO

Dopravní výkon jednotlivých linek je uveden v následující tabulce (8) a převeden do grafu (obr. 11):

Linka	Dopravní výkon [vozkm·rok ⁻¹]	Provozní délka linek [km]	Linka	Dopravní výkon [vozkm·rok ⁻¹]	Provozní délka linky [km]
211	177 100	12,0	201	234 363	5,4
212	145 442	10,0	202	933	4,5
213	297 733	9,3	203	244 404	6,0
214	14 861	8,4	204	58 884	5,3
215	85 609	9,2	205	49 862	4,7
216	203 276	9,3	206	88 296	5,2
217	147 007	7,8	207	18 497	4,1
218	132 567	12,5	208	195 570	4,7
219	192 664	9,7	209	120 861	6,0
220	174 647	10,1	210	18 037	5,0
222	19 192	8,0	221	294 710	8,6
228	21 900	10,3	Na linkách	2 988 262	
229	43 435	12,6	Ostatní jízdy	40 426	
230	48 837	6,8	Celkem	3 028 688	

Tab. 8 - Dopravní výkony jednotlivých linek MDPO s jejich provozní délkou

Největší podíl na ujetých vozových kilometrech mají autobusová linka č. 213 a trolejbusová linka č. 221. Tyto linky jsou nasazovány v pravidelných, většinou 20 minutových intervalech v pracovních dnech i ve dnech pracovního klidu a zároveň mají poměrně dlouhou délku linky v porovnání s ostatními pravidelnými linkami.

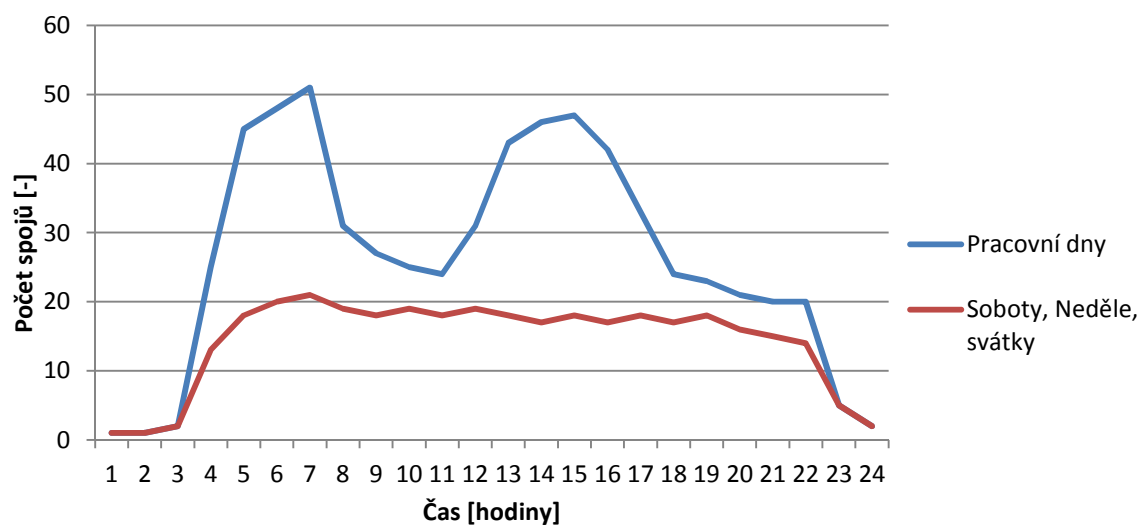


Obr. 11 - Dopravní výkony jednotlivých linek MDPO

Denní průběh spojů

Denní průběh spojů byl sestaven podle jízdních řádů MDPO a. s. Z jízdních řádů jednotlivých linek byl určen počet spojů v určitých denních hodinách. Získané hodnoty

byly rozděleny podle dnů, kdy byly spoje vykonány (pracovní dny, dny pracovního klidu. Hodnoty se vztahují k platnosti jízdního řádu 4. 3. 2012.



Obr. 12 - Denní průběh spojů MDPO

Ekonomické hodnocení

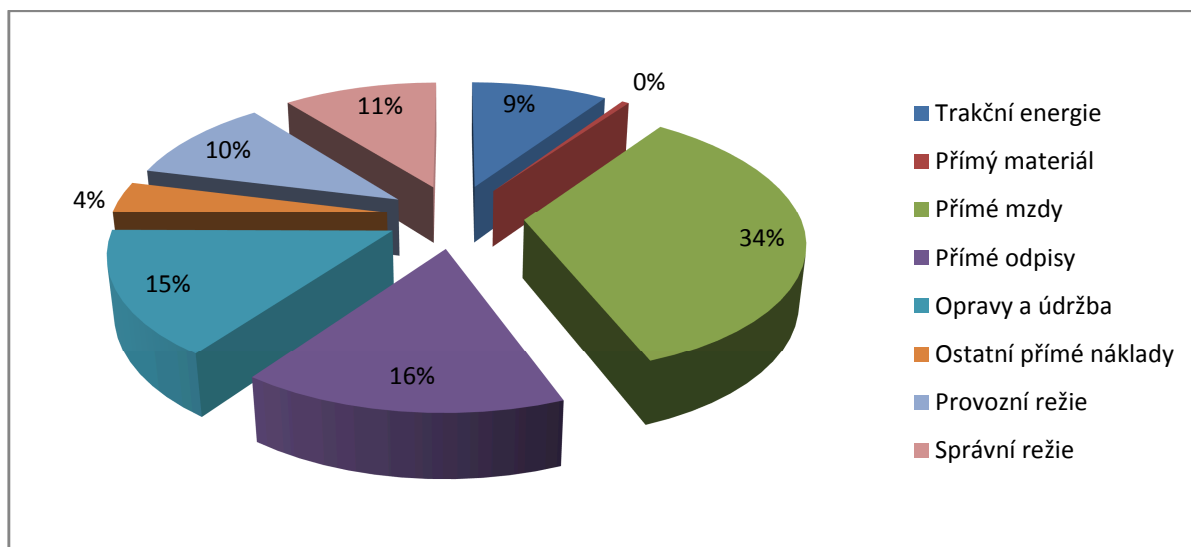
Tato část je věnována ekonomickému hodnocení MDPO. Nejprve jsou uvedeny a zhodnoceny základní ekonomické údaje za celý Městský dopravní podnik Opava a. s.

Porovnání trolejbusové a autobusové dopravy

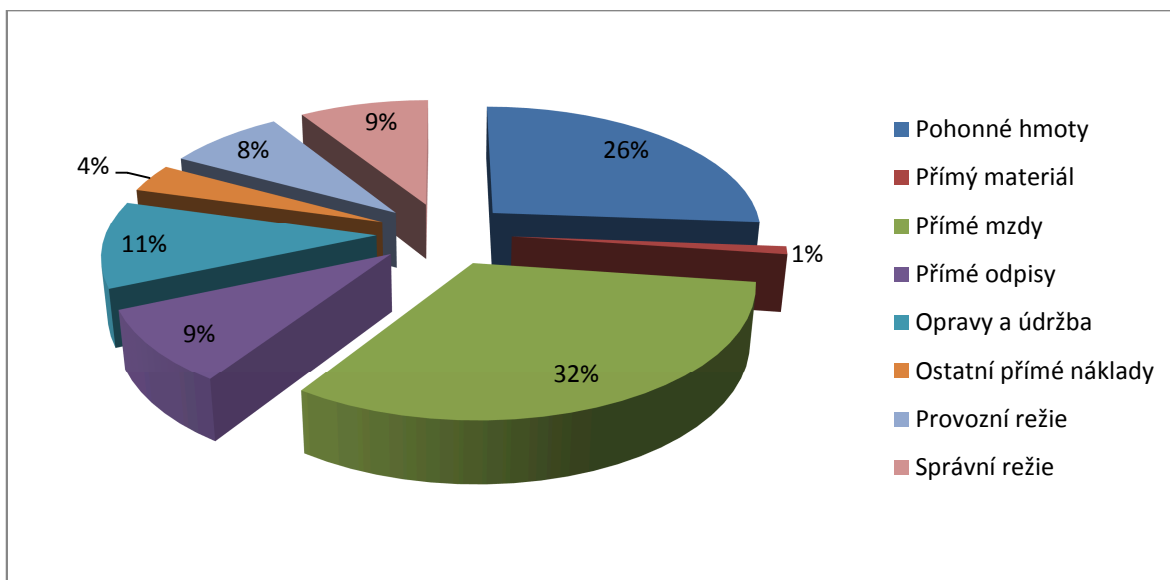
Tabulka 9 ukazuje porovnání nákladů na provoz trolejbusové a autobusové dopravy. Ačkoliv náklady na pohonné hmoty jsou u autobusové dopravy téměř dvakrát vyšší než u trolejbusové, celkové náklady na jeden vozový kilometr jsou u trolejbusové dopravy výrazně vyšší, což je způsobeno především vyššími odpisy za nové dopravní prostředky, opravou a údržbou dopravních prostředků a napájecího systému a také vyššími přímými mzdami.

Trolejbusová doprava		Autobusová doprava	
	Kč/vozkm		Kč/vozkm
Trakční energie	4,88	Pohonné hmoty	9,24
Přímý materiál	0,21	Přímý materiál	0,34
Přímé mzdy	14,71	Přímé mzdy	11,34
Přímé odpisy	6,75	Přímé odpisy	3,24
Opravy a údržba	6,49	Opravy a údržba	3,83
Ostatní přímé náklady	1,63	Ostatní přímé náklady	1,26
Provozní režie	4,49	Provozní režie	2,84
Správní režie	4,55	Správní režie	3,17
Náklady celkem	43,72	Náklady celkem	35,27

Tab. 9 - Provozní náklady trolejbusové a autobusové dopravy roce 2011



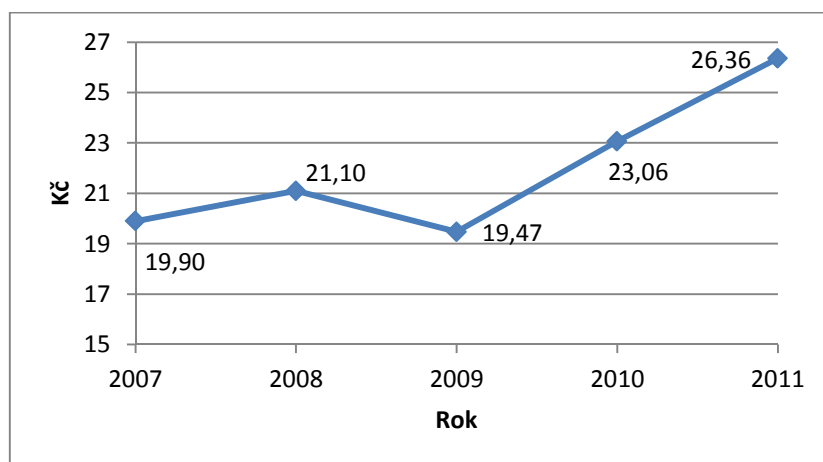
Obr. 13 - Provozní náklady trolejbusové dopravy roce 2011



Obr. 14 - Provozní náklady autobusové dopravy roce 2011

Nejvyšší podíl nákladů na vozový kilometr připadá jak u trolejbusové, tak u autobusové dopravy, na přímé mzdy, které jsou u obou druhů doprav jasně nejvyšší. U trolejbusové dopravy jsou na druhém místě přímé odpisy, za nimiž následují opravy a údržba, které zahrnují opravu a údržbu vozidel a trakčního vedení.

V autobusové dopravě jsou nejvyšší náklady vynaloženy na mzdy a poté také na pohonné hmoty. Ty za poslední 3 roky prudce narůstají, jak znázorňuje graf (obr. 14). V roce 2011 byly náklady na naftu 9,24 Kč na vozový kilometr. To je téměř dvakrát více než u trolejbusové dopravy. Graf (obr. 15) znázorňuje ceny, za které dopravní podnik nakupoval naftu v posledních čtyřech letech.



Obr. 15 - vývoj cen nafty MDPO za poslední čtyři roky

Trolejbusová doprava – trakční energie		Autobusová doprava – pohonné hmoty	
	Kč/vozk		Kč/vozk
2009	4,55	2009	7,00
2010	4,73	2010	8,44
2011	4,88	2011	9,24

Tab. 10 - Ceny na jeden vozk trolejbusové a autobusové dopravy v letech 2009 – 2011

Tabulky 11 a 12 ukazují celkové náklady na trolejbusovou resp. autobusovou dopravu za období roků 2009 – 2011.

	2009	2010	2011
jednotka	tis. Kč/vozk		
Trakční energie	6722	5581	5545
Přímý materiál	531	369	292
Přímé mzdy	20416	20001	20212
Přímé odpisy	6240	7091	9277
Opravy a údržba	8781	8845	8917
Ostatní přímé náklady	2511	2225	2242
Provozní režie	5595	6370	6173
Správní režie	6510	6185	6258
Náklady celkem	57306	56667	58916

Tab. 11 - Struktura nákladů trolejbusové dopravy za rok

	2009	2010	2011
	tis. Kč/vozk		
Pohonné hmoty	11548	13965	15115
Přímý materiál	630	436	563
Přímé mzdy	17917	17649	18555
Přímé odpisy	4570	3942	5295
Opravy a údržba	7274	6978	6269
Ostatní přímé náklady	2256	2088	2063
Provozní režie	5762	5215	4649
Správní režie	5469	5066	5185
Náklady celkem	55426	55339	57694

Tab. 12 - Struktura nákladů autobusové dopravy za rok

Celkové výnosy dopravního podniku jsou tvořeny provozními i neprovozními výnosy. Provozní výnosy jsou získávány z činností, pro které byl podnik založen. V případě MDPO se jedná především o prodej jízdenek, ať už jednorázových prodáváných ve vozidle, tak předplatných časových jízdenek.

Další zdroje výnosů pro MDPO jsou mimo provozování MHD také například lakování vozidel, opravárenské služby, nebo také reklamy uvnitř i vně vozidla.

		2009	2010	2011
		tis. Kč/vozk		
Dotace měst a obcí	Opava	55486	53116	53000
	kraj	1304	1296	1445
	obce	2140	2122	2686
Tržby MHD		52900	54889	53508
Výroba a služby		6126	3787	3846
Ostatní výnosy		2650	1987	1216
Výnosy celkem		120606	117197	115701

Tab. 13 - Struktura výnosů MDPO

Podle dosud zjištěných položek je možno zjistit hospodářský výsledek. Ten je rozhodujícím ukazatelem pro správný chod podniku. Hospodářský výsledek představuje rozdíl mezi výnosy a náklady. Vyšší výnosy než náklady znamenají kladný hospodářský výsledek, vyšší náklady než výnosy znamenají záporný hospodářský výsledek.

	2009	2010	2011
	tis. Kč/vozk		
Celkové výnosy	120606	117197	115701
Celkové náklady	112732	112006	116610
Výsledek hospodaření	7874	5191	-909

Tab. 14 - Výsledek hospodaření MDPO

Růst nákladů v roce 2011 stoupl oproti roku 2010 o 1 496 tisíc Kč a byl nejvíce ovlivněn položkou za odpisy dopravních prostředků, protože koncem roku 2010 a následně během roku 2011 bylo zakoupeno 16 nových dopravních prostředků. S tímto může také souviset položka údržby a oprav, jež klesla, neboť stará vozidla byla rozprodána. Dále můžeme vidět postupně během tří let stále se zvyšující položku za pohonné hmoty související s celosvětovým trendem zvyšování cen ropy.

Výnosy se v roce 2009 oproti následujícím dvěma letům liší především v položce výroby a služeb, která ovlivnila výnosy v roce 2009, s rokem 2011 se liší o 2 280 tisíc Kč. Dále za poslední dva roky klesly dotace města Opavy přibližně o 2 000 tisíc Kč a ostatní výnosy, které od roku 2009 rapidně klesají.

Zatímco celkové náklady byly v roce 2011 vyšší než předchozí roky, tak výnosy byly naopak každoročně nižší, z čehož tak vyplývá, že hospodaření skončilo v roce 2011 ve ztrátě 2 768 tisíc Kč oproti dvěma předchozím letům.

Tržby se v roce 2011 podíleli na celkových výnosech 46,2 %. Skladba tržeb je znázorněna v tabulce 15.

	2009	2010	2011	2009	2010	2011
Jednotka	Kč			%		
Časové jízdné (měsíční, čtvrtletní)	36 631	36 931	36 476	69,25	67,28	68,17
Elektronická peněženka	9 009	9 738	8 949	17,03	17,74	16,72
Hotovost	7 260	8 220	8 083	13,72	14,98	15,11
Celkem	52 900	54 889	53 508	100,00	100,00	100,00

Tab. 15 - Skladba tržeb (v Kč) a procentuální podíl prodeje jednotlivého jízdného

U spotřeby elektrické energie u trolejbusů resp. pohonných hmot u autobusů je zřejmá ekonomičtější spotřeba trolejbusů na rozdíl autobusů. Cena pohonných hmot u autobusů je ovlivněna celosvětovým trendem zvyšování cen ropy. Zatímco cena provozu trolejbusů zůstává poslední roky téměř konstantní, cena za provoz autobusů se rapidně zvyšuje.

Spotřeba	jednotka	2009	2010	2011
Trolejbusy	kWh	2 330 285	2 345 694	2 182 279
	kWh na 1 km	1,639	1,652	1,583
	tis. Kč	6 722	5 581	5 545
Autobusy	litry	595 353	610 567	582 844
	litry na 100 km	36,08	36,91	35,63
	tis. Kč	11 345	13 759	15 373

Tab. 16 - Spotřeba dopravních prostředků MDPO

5. Návrh na zlepšení MHD v Opavě

Dopravní obslužnost

Dopravní obslužnost lze zlepšit například prodloužením některých stávajících linek, případně zavedením nových linek, či snížením nebo změnou intervalů některých spojů. Následně budou uvedeny možné návrhy na zlepšení.

Zrušením linky č. 204, která je málo využívaná a ve více než 80% trasy kopíruje linku č. 201 a linku č. 221, by mohl MDPO ušetřit. Převážná kapacita na trase těchto linek je více než dostatečná ve špičce i v sedlových hodinách a není nutno linku č. 204 provozovat. Linky č. 201 a č. 221, které jí v určité délce kopírují, jezdí pravidelně ve 20 minutových intervalech po celý den.

Cestující, kteří doposud cestují linkou č. 204, by mohli cestovat linkami č. 201 a č. 221. Provoz na těchto linkách je zajišťován vozidly Solaris Trollino 12 a Škoda 26 TR – Solaris, jejichž přepravní kapacita je dostatečná k přepravení cestujících, kteří cestují linkou č. 204. Provozem této linky dopravní podnik ročně utratí přibližně 2,5 mil. Kč. V tabulce 17 jsou uvedeny přibližné roční náklady na linku č. 204.

Náklady na linku č. 204	
Délka linky	5,5
Počet spojů linky	50
Kč / vozkm	43,72
Kč / den	12 023
Počet dnů v provozu	210
Kč / rok	2 524 830

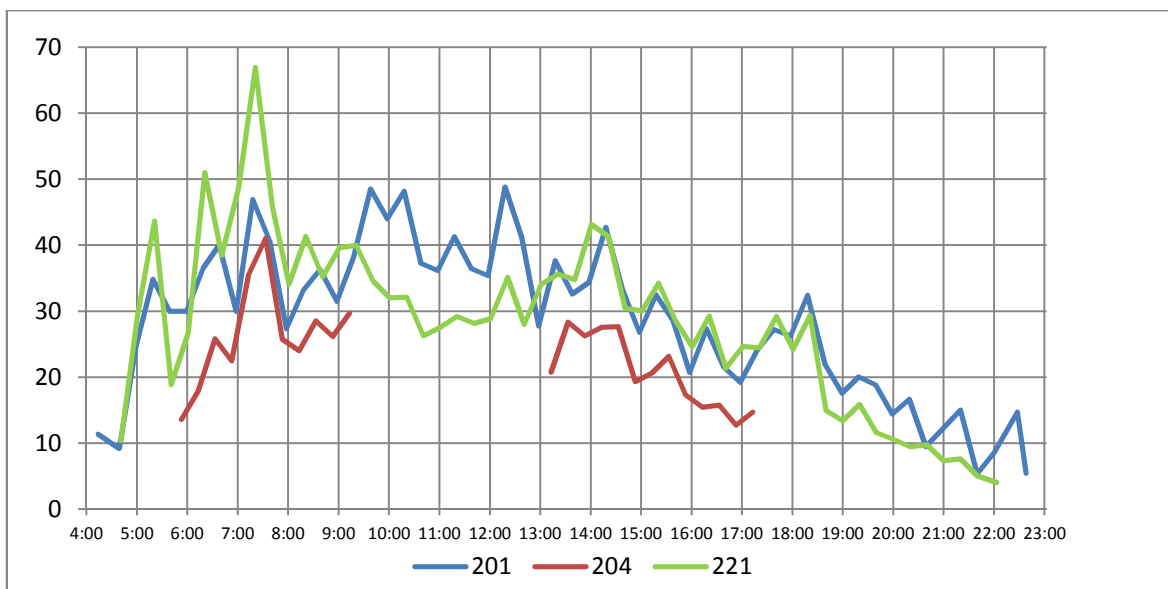
Tab. 17 - Současné roční náklady na linku 204

	201	221	204	
Hodina	Počet přepravených cestujících na jednotlivých linkách			Celkový počet přepravených cestujících
4-5	20	10		30
5-6	75	92	14	181
6-7	88	116	66	270
7-8	115	161	106	382
8-9	96	120	79	295
9-10	117	115	30	262
10-11	129	100		229
11-12	113	105		218
12-13	125	106		231
13-14	109	109	84	302
14-15	110	114	75	299
15-16	98	93	61	252
16-17	70	75	44	189
17-18	70	78	15	163
18-19	80	68		148
19-20	57	41		98
20-21	40	30		70
21-22	32	20		52
22-23	29	4		33

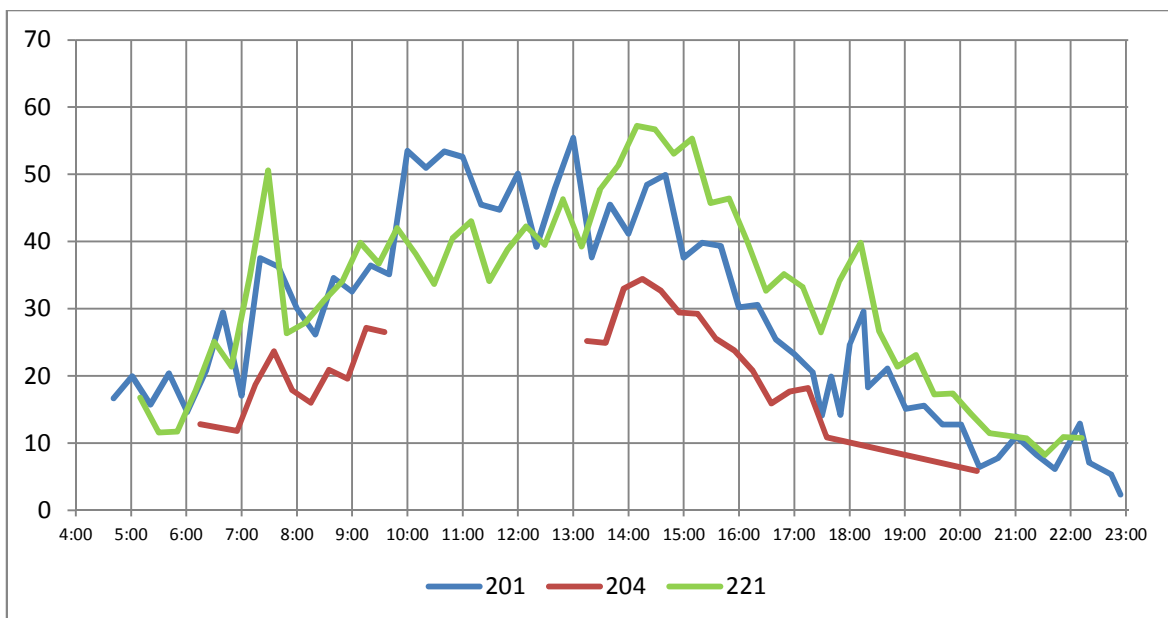
Tab. 18 - Počet přepravených cestujících na linkách ve směru Nemocnice

	201	221	204	
Hodina	Počet přepravených cestujících na jednotlivých linkách			Celkový počet přepravených cestujících
4-5	17			17
5-6	56	41		97
6-7	78	94	25	197
7-8	106	112	61	279
8-9	100	93	57	250
9-10	104	119	54	277
10-11	155	112		267
11-12	143	116		259
12-13	137	128		265
13-14	139	138	83	360
14-15	139	167	96	402
15-16	117	147	79	343
16-17	86	108	55	249
17-18	92	93	29	214
18-19	94	88		182
19-20	44	57		101
20-21	27	37	6	70
21-22	25	30		55
22-23	27	11		38

Tab. 19 - Počet přepravených cestujících na linkách ve směru Bílovecká



Obr. 16 – Průměrný počet přepravených cestujících na jednotlivých linkách během jednoho dne ve směru Nemocnice



Obr. 17 - Průměrný počet přepravených cestujících na jednotlivých linkách během jednoho dne ve směru Bílovecká

V tabulkách Tab. 18 a Tab. 19 je uveden počet přepravených cestujících na jednotlivých linkách v jednotlivých hodinách za jeden pracovní den. Podle vzorce 3.13 vypočítáme maximální možnou přepravní kapacitu na linkách uvedených v tabulkách. Po dosazení do vzorce zjistíme, že při provozu jedné linky je přepravní kapacita při maximálním využití přepravní kapacity 225 místo/h, při provozu dvou linek je přepravní kapacita při maximálním využití přepravní kapacity 450 místo/h a při provozu všech tří linek je přepravní kapacita při maximálním využití přepravní kapacity 675 místo/h. Při pohledu na tabulky Tab. 18 a Tab. 19 zjistíme, že provoz dvou linek je více než dostatečný.

Největší zátěž pro přepravní kapacitu ve směru Nemocnice je pro trolejbusy mezi 7. a 8. hodinou kdy je průměrně přepravováno 382 cestujících, ve směru Bílovecká je to mezi 14. a 15. hodinou kdy je průměrně přepravováno 402 cestujících. Podle tabulky Tab. 20 zjistíme, že pro tyto přepravní kapacity stačí provoz 2 linek ve směru Nemocnice i ve směru Bílovecká. Linku č. 204 v tomto případě není třeba provozovat.

$$O_i = \frac{K \cdot \gamma \cdot 60}{i} = \frac{75 \cdot 1 \cdot 60}{10} = 450 [\text{místo} / \text{h}]$$

Př. 1 - Ukázka výpočtu přepravní kapacity pro 2 linky

Počet provozovaných linek	Přepravní kapacita O_i [míst/h]
1 linka	225
2 linky	450
3 linky	675

Tab. 20 - Vypočtená hodnota přepravní kapacity při určitém počtu obsluhujících linek

Návrhy na zlepšení ekonomiky

Návrhy na zlepšení ekonomiky se týkají výběru vhodného dopravního prostředku, autobusu, vzhledem k provozním a investičním nákladům. Při výběru vhodného dopravního prostředku bude upřednostněn ten typ, který vykazuje menší náklady za předpokladu očekávaného dopravního výkonu. Závislost nákladů na výkonu bude vyjádřena pomocí dynamického modelu. [1]

Dynamický nákladový model porovnává dva typy vozidel stejného druhu. Model využívá lineární závislost nákladů. Celkové přímé náklady jsou dány součtem fixních nákladů, které jsou konstantní vzhledem k dopravnímu výkonu a variabilních nákladů, které se mění lineárně v závislosti na dopravním výkonu. Celkové přímé náklady se pak vypočítají ze vztahu

$$N_{ci} = N_{fi} + n_{vi} + L_i \quad [\text{Kč}] \quad (5.1)$$

kde:

N_{ci} ... celkové přímé náklady i-tého typu autobusu [Kč.rok⁻¹]

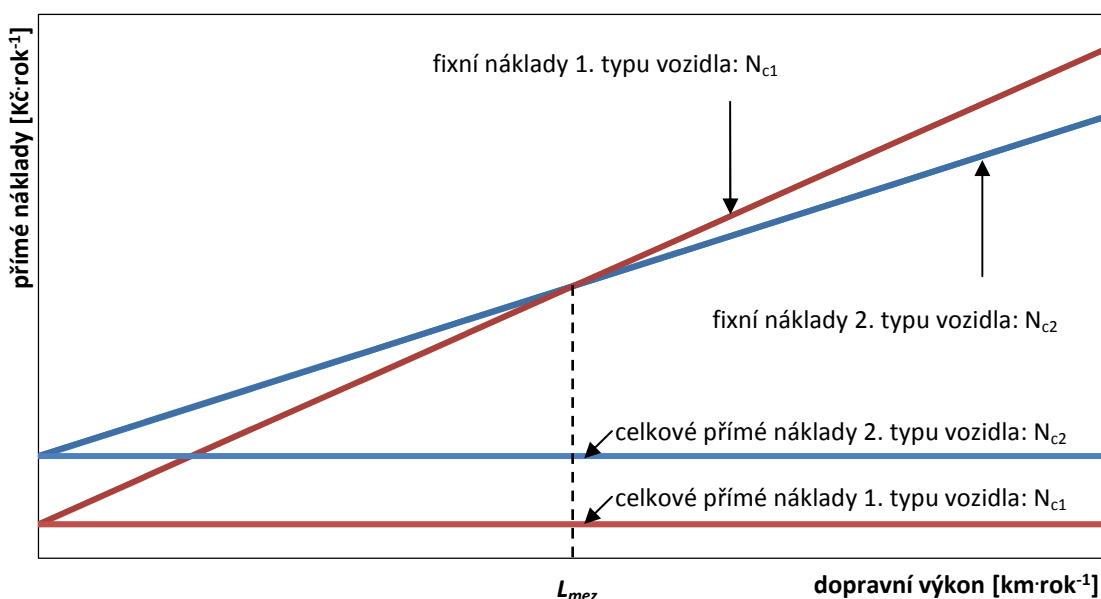
N_{fi} ... celkové přímé fixní náklady i-tého typu autobusu [Kč.rok⁻¹]

n_{vi} ... jednotkové přímé variabilní náklady i-tého typu autobusu [Kč. km⁻¹]

L_i ... dopravní výkon i-tého typu autobusu [km.rok⁻¹]

Graficky lze uvedený dynamický nákladový model pro dva typy autobusů vyhodnotit podle obrázku 18. V bodě L_{mez} , který určuje hranici rozhodování mezi jednotlivými typy vozidel v závislosti na jimi vykonaném dopravním výkonu. Pak platí následující vztah

$$N_{f1} + n_{v1} \cdot L_1 = N_{f2} + n_{v2} \cdot L_2 \quad (5.2)$$



Obr. 18 - Dynamický nákladový model pro dvě vozidla stejného typu

Řešením dynamického nákladového modelu podle vztahu 5.3 za předpokladu lineárního průběhu variabilních nákladů v rozmezí konstantních fixních nákladů pak bude mezní dopravní výkon L_{mez} ,

$$L_{mez} = \frac{N_{f2} - N_{f1}}{n_{v1} - n_{v2}} \text{ [km.rok}^{-1}\text{]} \quad (5.3)$$

kde:

L_{mez} ... mezní dopravní výkon, při kterém jsou celkové náklady
porovnávaných autobusů shodné [km.rok⁻¹]

$N_{f1,2}$...celkové přímé fixní náklady autobusů typu 1 a 2 [Kč.rok⁻¹]

$n_{v1,2}$...jednotkové přímé variabilní náklady autobusů typu 1 a 2 [Kč. km⁻¹]

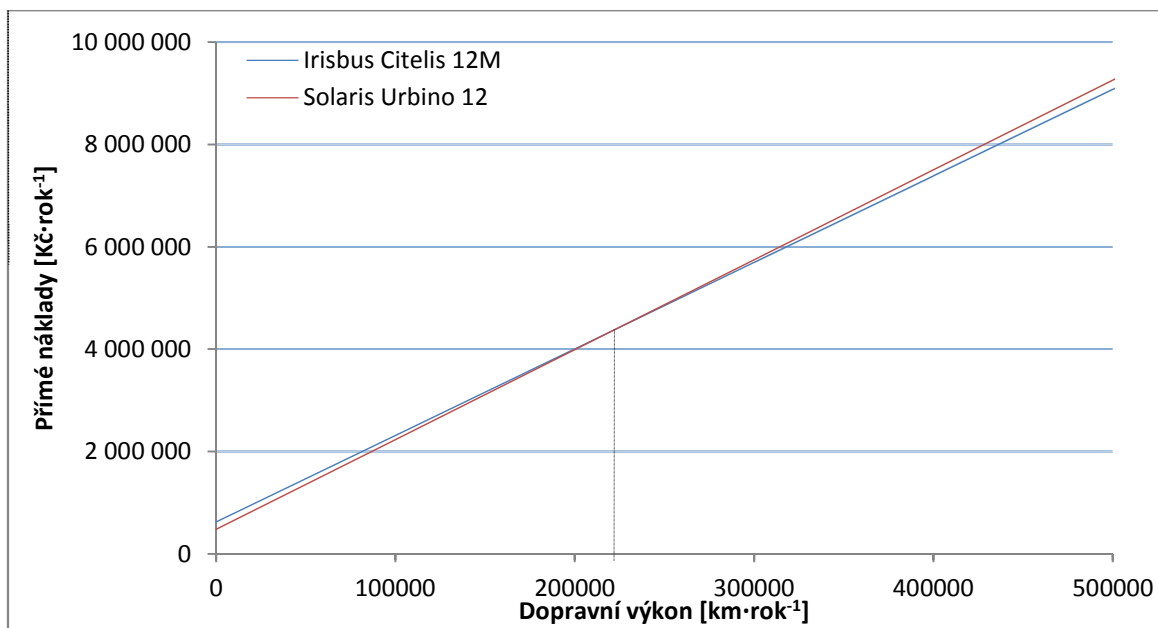
Výběr vhodného dopravního prostředku podle dynamického modelu bude proveden pro vozidlo s obsaditelností standardního městského autobusu. Bude porovnáván autobus Solaris Urbino 12 s obsaditelností 105 míst s autobusem Irisbus Citelis 12M s obsaditelností 104 míst. Budou tak srovnávány autobusy s obdobnou obsaditelností a s nejmenším průměrným stářím. Při doplňování vozového parku je možno předpokládat nákup některého z výše uvedených typů autobusů. Tato vozidla zároveň dosahovala v průběhu roku 2011 obdobných dopravních výkonů vztažených v průměru na jedno vozidlo.

Výběr vhodného autobusu: Solaris Urbino 12, Irisbus Citelis 12M

Vzhledem k rozdílné výši odepisování vozidel v 1. roce užívání a v 2. až 5. roce budou dále obě výše uvedené situace zpracovány pro 1. rok provozu a pro 2. až 5. rok provozu.

	jednotka	Solaris Urbino 12	Irisbus Citelis 12M
Dopravní výkon	km.rok ⁻¹	54 703	56 458
Pohonné hmoty	Kč.1000 km ⁻¹	10 540,77	10 346,59
Olej	Kč.1000 km ⁻¹	140,08	124,52
Pneumatiky	Kč.1000 km ⁻¹	45,21	45,21
Náhradní díly	Kč.1000 km ⁻¹	1 189,68	960,08
Údržba – živá práce	Kč.1000 km ⁻¹	998,12	781,11
Mzdy	Kč.1000 km ⁻¹	3 212,93	3 212,93
Ostatní přímé náklady	Kč.1000 km ⁻¹	1 435,15	1 435,15
Jednotkové variabilní náklady	Kč.km⁻¹	17,56	16,91
Variabilní náklady	Kč.rok⁻¹	960 691,13	954 455,77
Odpisy	Kč.rok ⁻¹	470 800,00	616 000,00
Povinné ručení	Kč.rok ⁻¹	7 736,00	7 736,00
Fixní náklady	Kč.rok⁻¹	478 536,00	623 736,00
Celkové náklady	Kč.rok⁻¹	1 439 227,13	1 578 191,77

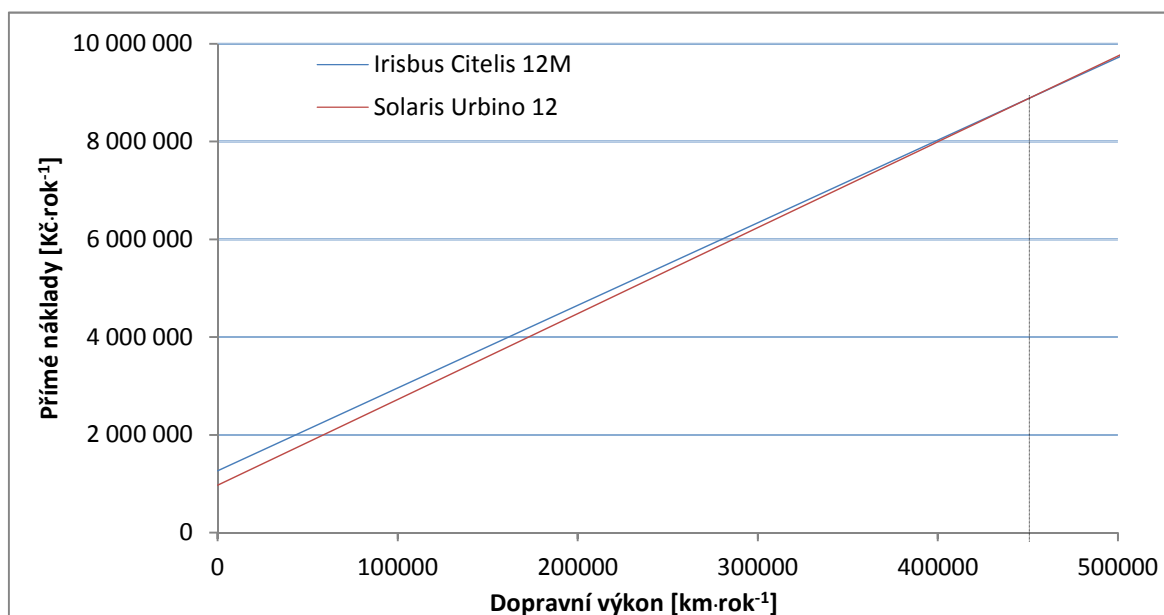
Tab. 21 - Celkové náklady autobusů Solaris Urbino 12 a Irisbus Citelis 12M pro 1. rok provozu



Obr. 19 - Dynamický nákladový model, srovnávající autobusy Solaris Urbino 12 a Irisbus Citelis 12M během 1. roku provozu

	jednotka	Solaris Urbino 12	Irisbus Citelis 12M
Dopravní výkon	km.rok ⁻¹	54 703	56 458
Pohonné hmoty	Kč.1000 km ⁻¹	10 540,77	10 346,59
Olej	Kč.1000 km ⁻¹	140,08	124,52
Pneumatiky	Kč.1000 km ⁻¹	45,21	45,21
Náhradní díly	Kč.1000 km ⁻¹	1 189,68	960,08
Údržba – živá práce	Kč.1000 km ⁻¹	998,12	781,11
Mzdy	Kč.1000 km ⁻¹	3 212,93	3 212,93
Ostatní přímé náklady	Kč.1000 km ⁻¹	1 435,15	1 435,15
Jednotkové variabilní náklady	Kč.km⁻¹	17,56	16,91
Variabilní náklady	Kč.rok⁻¹	960 691,13	954 455,77
Odpisy	Kč.rok ⁻¹	963 000,00	1 267 000,00
Povinné ručení	Kč.rok ⁻¹	7 736,00	7 736,00
Fixní náklady	Kč.rok⁻¹	970 736,00	1 267 736,00
Celkové náklady	Kč.rok⁻¹	1 931 427,13	2 222 191,77

Tab. 22 - Celkové náklady autobusů Solaris Urbino 12 a Irisbus Citelis 12M pro 2. až 5. rok provozu



Obr. 20 - Dynamický nákladový model, srovnávající autobusy Solaris Urbino 12 a Irisbus Citelis 12M během 2. až 5. roku provozu

Z ekonomického srovnání autobusů typu Solaris Urbino 12 a Irisbus Citelis 12M vyplývá, že ekonomicky výhodnější je při dopravním výkonu do 223 384 km výhodnější nasazení autobusu Solaris Urbino 12, v následujícím 2. – 5. roce provozu, kdy je vyšší sazba odpisů je Solaris Urbino 12 ekonomicky výhodnější při dopravním výkonu do 456 923 km. Po pátém roce provozu, kdy jsou pořizovací náklady na vozidla odpočítány, je výhodnější provoz autobusu typu Irisbus Citelis 12M, jehož variabilní náklady jsou nižší. Není však pravděpodobné, aby jeden autobus vykonal dopravní výkon 223 384 km resp. 456 923 km za rok. Z tohoto srovnání vyplývá, že autobus Solaris Urbino 12 by byl během prvních pěti let provozu ekonomicky výhodnější. Velký vliv zde má pořizovací cena vozidla autobusu Irisbus Citelis 12M, jenž je o 31% vyšší než u autobusu Solaris Urbino 12. Variabilní náklady jsou nižší, ale pouze o 650 Kč.1000 km⁻¹. Autobus Irisbus Citelis 12M by tak byl ekonomicky výhodnější až při dopravním výkonu 2 051 tisíc km. Je ale nepravděpodobné, že jedno vozidlo vykoná během své životnosti dopravní výkon v takovém rozsahu.

Na základě srovnání je pro dopravní podnik ekonomicky výhodnější provozovat autobusy Solaris Urbino 12. Z ekonomického hlediska by tedy bylo vhodné zaměřit se na provoz vozidel Solaris Urbino 12.

Hodnocení návrhů na zlepšení

Zlepšení v dopravní obslužnosti spočívalo ve zrušení nadbytečné linky č. 204, jenž kopíruje z velké části trasy dalších dvou linek č. 201 a č. 221. Převážná kapacita na linkách č. 201 a č. 221 je dostatečně velká a provoz linky č. 204 je proto nadbytečný. Výpočtem bylo zjištěno, že 2 linky obsluhující zastávky v deseti minutových intervalech odbaví 450 cestujících za hodinu. Jelikož v průběhu celého dne této hodnoty nedosáhnou, stačí provozovat pouze 2 linky. Dopravní podnik může díky zrušení linky č. 204 ušetřit až 2 524 830 Kč za rok.

V kapitole návrhy na zlepšení ekonomiky byly navrženy vhodné typy dopravních prostředků – autobusů se standardní obsaditelností. Byly porovnávány dva nízkopodlažní autobusy Solaris Urbino 12 a Irisbus Citelis 12M. Jednotkové variabilní náklady jsou u autobusu Irisbus Citelis 12M nižší, ale celkové náklady jsou během prvních pěti let provozu vyšší. Souvisí to s pětiletým odepisováním dopravních prostředků. Proto je celkově ekonomicky výhodnější provozovat autobusy Solaris Urbino 12, jež mají nižší pořizovací cenu. Návržnost je navzdory nižším jednotkovým variabilním nákladům u autobusu Irisbus Citelis 12M nepravděpodobná.

6. Závěr

Hlavním cílem této práce bylo provést provozní a technické hodnocení MHD na území města Opavy, případně navrhnout možné návrhy na zlepšení provozu MHD.

V první části byla popsána historie MHD v Opavě od počátků tramvajové dráhy, až téměř do současnosti.

Následující kapitola byla věnována charakteristice Městského dopravního podniku Opava, charakteristice jeho vozového parku a jízdnímu tarifu. Dále byla provedena charakteristika města, jeho obyvatelstva a dopravní dostupnosti.

Další část práce byla věnovaná popisu hodnotících metod a kritérií MHD a dále pak samotnému provoznímu hodnocení, jako je časová dostupnost zastávek a časová dostupnost centra města, výkonovému hodnocení jednotlivých druhů dopravy a také na jednotlivých linkách, dále pak počet přepravených osob. Tyto údaje byly převedeny do grafů a tabulek. Závěr kapitoly byl věnován ekonomickému hodnocení, kde byly zhodnoceny tržby, výnosy, hospodářský výsledek a spotřeba vozidel za poslední tři roky.

Z uvedených kapitol vycházely návrhy na zlepšení MHD v Opavě převážně z hlediska dopravní obslužnosti a ekonomiky, což se týkalo zrušení trolejbusové linky a výběru vhodného autobusu.

Seznam použité literatury

- [1] Surovec, Pavel: Provoz a ekonomika silniční dopravy I. Ediční středisko VŠB-TU Ostrava, 2000, ISBN 80-7078-735-X
- [2] 100 let městské dopravy v Opavě, Opava, 2005, ISBN 80-239-5502-0
- [3] Interní materiály společnosti Městský Dopravní Podnik Opava a. s.
- [4] <http://www.cnds.cz/cr/op/op1.htm>
- [5] http://cs.wikipedia.org/wiki/Tramvajov%C3%A1_doprava_v_Opav%C4%9B
- [6] <http://mhdzive.cz/>
- [7] <http://evidencemhd.wz.cz/>
- [8] www.mdpoc.cz
- [9] www.opava-city.cz